



(11)

EP 1 653 089 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.12.2008 Patentblatt 2009/01

(51) Int Cl.:
F15B 15/28 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05109726.9**

(22) Anmeldetag: **19.10.2005**

(54) **Einrichtung zur Erfassung der Position einer beweglichen Kolbenstange gegenüber einem Zylinder**

Device for determining the position of a moving piston rod with respect to a cylinder

Dispositif pour la détermination de la position d'une tige mobile par rapport à un cylindre

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **27.10.2004 US 974330**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.05.2006 Patentblatt 2006/18

(73) Patentinhaber: **DEERE & COMPANY**
Moline, Illinois 61265-8098 (US)

(72) Erfinder:
• **Revankar, Gopal S**
Moline, IL 61265 (US)
• **Gray, Keith W**
Taylor Ridge, IL 61284 (US)
• **Killen, Dale H**
Port Byron, IL 61275 (US)

(74) Vertreter: **Holst, Sönke et al**
Deere & Company
European Office
Global Intellectual Property Services
John-Deere-Strasse 70
68163 Mannheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 618 373

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** Bd. 015, Nr. 382 (P-1257), 26. September 1991 (1991-09-26) & JP 03 152403 A (KOMATSU LTD), 28. Juni 1991 (1991-06-28)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** Bd. 016, Nr. 082 (M-1215), 27. Februar 1992 (1992-02-27) & JP 03 265704 A (TAIYO LTD), 26. November 1991 (1991-11-26)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** Bd. 014, Nr. 195 (P-1039), 20. April 1990 (1990-04-20) & JP 02 038802 A (KOMATSU LTD), 8. Februar 1990 (1990-02-08)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** Bd. 014, Nr. 378 (M-1011), 15. August 1990 (1990-08-15) & JP 02 138508 A (KOMATSU LTD), 28. Mai 1990 (1990-05-28)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 653 089 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erfassung der Position einer beweglichen Kolbenstange gegenüber einem Zylinder nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Im Stand der Technik bekannte Einrichtungen zur Messung der Position eines Kolbens innerhalb eines Zylinders verwenden einen im Kolben eingebetteten Magneten und einen oder mehrere Halleffektsensoren, die das magnetische Feld erfassen. In der Praxis sind derartige Einrichtungen auf Zylinder mit einem begrenzten Weg eingeschränkt und können teure Magnete mit starken Magnetfeldern erfordern. Andere bekannte Einrichtungen zur Messung der Position eines Kolbens innerhalb eines Zylinders verwenden magnetostriktive Sensoren, die den Einbau mehrerer Magnete in den Zylinder verlangen. Da einiger Aufwand zur Bearbeitung der Aufnahme der Magnete und weitere Arbeiten erforderlich sind, kann sich die Anbringung bekannter Einrichtungen zur Messung der Position des Kolbens als zu kostenaufwändig und ungeeignet für bestimmte Kolbenstangen erweisen.

[0003] Die als gattungsbildend angesehene JP 03 152 403 A beschreibt eine Kolbenstange für einen Zylinder mit einer in einem bestimmten Muster angeordneten, harten Schicht. Die Schicht wird in der Weise aufgebracht, dass zunächst die gesamte Kolbenstange einem Härtungsverfahren ausgesetzt wird, so dass sich eine homogene, gehärtete Schicht bildet. Anschließend wird diese in einem bestimmten Muster durch Tempern oder hochenergetische Strahlen wieder in eine weiche Schicht umgewandelt, so dass sich an der Oberfläche harte und weiche Bereiche abwechseln. Die äußerste Oberfläche wird schließlich gehärtet, so dass sich eine äußerste Schicht bildet, unter der sich die weichen Bereiche und die harte Schicht abwechseln.

[0004] Die Position der Kolbenstange wird durch einen Sensor erfasst. Hier erstreckt sich die äußerste, harte Schicht von der Oberfläche der Kolbenstange nach innen. Sie hat eine über die Länge der Kolbenstange homogene Dicke.

[0005] Die JP 03 265 704 A beschreibt eine andere Sensoranordnung zur Erfassung der Position einer Kolbenstange. Die Kolbenstange wird in ausgewählten, spiralförmig angeordneten Bereichen durch chemische Behandlung gehärtet, so dass sich die gehärteten und nicht gehärteten Bereiche durch ihre magnetischen Eigenschaften voneinander unterscheiden. Die magnetischen Eigenschaften werden durch einen Sensor erfasst und dienen zur Ermittlung der Position der Kolbenstange innerhalb des Zylinders.

Aufgabe der Erfindung

[0006] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird darin gesehen, eine verbesserte, zuverlässige und ökonomische Technik zur Bestimmung der Position eines Kolbens oder eines anderen Elements bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre des Patentanspruchs 1 gelöst, wobei in den weiteren Patentansprüchen Merkmale aufgeführt sind, die die Lösung in vorteilhafter Weise weiterentwickeln.

[0008] Es wird vorgeschlagen, eine Kolbenstange mit definierten gehärteten metallischen Regionen bereitzustellen. Die Kolbenstange hat eine erste gehärtete metallische Region, die sich zwischen der Oberfläche der Kolbenstange bis in eine erste radiale Tiefe unterhalb der Oberfläche der Kolbenstange erstreckt und an einer ersten radialen Position befindet. Die Kolbenstange hat weiterhin eine zweite gehärtete metallische Region, die sich zwischen der Oberfläche der Kolbenstange bis in eine zweite radiale Tiefe unterhalb der Oberfläche der Kolbenstange erstreckt und an einer zweiten radialen Position befindet. Die zweite radiale Tiefe unterscheidet sich von der ersten radialen Tiefe. Ein Sensor erfasst einen Wirbelstrom und/oder ein elektromagnetisches Feld, dessen Eigenschaften von den Härtungstiefen abhängen, um nachzuweisen, wenn eine der erwähnten Regionen sich im Nachweisbereich des festen Sensors befindet. Ein Datenprozessor bestimmt die Längsposition der Kolbenstange gegenüber dem Zylinder basierend auf dem Signal des Sensors.

Ausführungsbeispiele

[0009] In den Zeichnungen sind fünf nachfolgend näher beschriebene Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigt:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erfassung der axialen Position einer Kolbenstange (oder eines daran angebrachten Elements),
- Fig. 2 eine Querschnittsansicht der Einrichtung aus Figur 1,
- Fig. 3 eine Querschnittsansicht der Kolbenstange entlang der Bezugslinien 3-3 der Figur 2,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Kolbenstange entlang der Bezugslinien 4-4 der Figur 2,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Kolbenstange entlang der Bezugslinien 5-5 der Figur 2,
- Fig. 6 eine Querschnittsansicht der Kolbenstange in einer Position minimaler axialer Verrückung,

- Fig. 7 eine Querschnittsansicht der Kolbenstange in einer Position maximaler axialer Verrückung,
- Fig. 8 eine Querschnittsansicht eines Abschnitts der Kolbenstange aus den Figuren 1 und 2,
- Fig. 9 ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erfassung der axialen Position einer Kolbenstange (oder eines daran angebrachten Elements),
- Fig. 10 ein Graph der Härtungstiefe gegenüber der relativen Verrückung in Längsrichtung nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 11 ein Graph der Härtungstiefe gegenüber der relativen Verrückung in Längsrichtung nach einer dritten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 12 einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erfassung der axialen Position einer Kolbenstange (oder eines daran angebrachten Elements), und
- Fig. 13 einen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erfassung der axialen Position einer Kolbenstange (oder eines daran angebrachten Elements).

[0010] In den Figuren bezeichnen übereinstimmende Bezugszeichen jeweils dieselben Elemente.

[0011] Die Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Einrichtung zur Erfassung der axialen Position einer Kolbenstange 28 (oder eines daran angebrachten Elements 10) gegenüber einem Zylinder 12 (z. B. einem hydraulischen Zylinder). Der Zylinder 12 ist aufgeschnitten, um die Komponenten der Figur 1 besser zu zeigen. Ein Element 10, wie beispielsweise ein Kolben, kann mit einem Ende der Kolbenstange 28 gekoppelt sein. Das Element 10 ist in einer axialen Richtung innerhalb des Zylinders 12 verschiebbar. Das vom Element 10 und dem Inneren des Zylinders 12 begrenzte Volumen wird als Kammer 24 bezeichnet. Wenn das Element 10 und die Kolbenstange 28 Teile eines hydraulischen Zylinders oder Zusammenbaus sind, würde die Kammer beispielsweise hydraulisches Fluid oder Öl enthalten.

[0012] Eine Lagerung 18 ist mit dem Zylinder 12 verbunden. Sie ist beispielsweise zwischen dem Zylinder 12 und der Kolbenstange 28 befestigt (z. B. in das Innere des Zylinders 12 eingepresst oder eingeschraubt). Die Lagerung 18 beherbergt eine oder mehrere Dichtungen (z. B. eine innere Dichtung 14 und eine äußere Dichtung 16) und einen Sensor 22. Die Lagerung 18 und der Zylinder 12 ermöglichen die Anbringung einer inneren Dichtung 14 und einer äußeren Dichtung 16. Bei einer Aus-

führungsform sind die Dichtungen 14, 16 geschmiert, um die Reibung an der Schnittstelle zwischen der Lagerung 18 und der Kolbenstange 28 zu vermindern. Die Lagerung 18 kann auch als Führung für die Kolbenstange 28 dienen. Die Lagerung 18 erlaubt eine Bewegung der Kolbenstange 28 in ihrer Längsrichtung gegenüber dem Zylinder 12.

[0013] Obwohl ein Sensor 22 in der Lagerung 18 aufgenommen werden kann, wie in der Figur 1 dargestellt, kann der Sensor 22 bei anderen Ausführungsformen an einer anderen Stelle des Zylinders 12 befestigt werden. Der Sensor 22 könnte beispielsweise in einer anderen Ausführungsform einen Ring mit einer mittleren Öffnung umfassen, der um die Kolbenstange 28 herum angeordnet ist. In noch einer anderen Ausführungsform ist der Sensor 22 in die innere Dichtung 14 oder die äußere Dichtung 16 integriert.

[0014] Der Sensor 22 ermöglicht eine Erfassung der axialen Position der Kolbenstange 28 gegenüber dem Zylinder 12. Der Sensor 22 kann eine Spule, eine induktive Sonde oder dergleichen umfassen, die durch einen Oszillator 53 des Analysators 55 mit einem Wechselstrom- oder Radiofrequenzsignal beaufschlagt wird.

[0015] Der Analysator 55 ist elektrisch oder elektromagnetisch mit dem Sensor 22 gekoppelt und umfasst den Oszillator 53 zur Erzeugung eines Wechselstromsignals (z. B. Radiofrequenzsignals), einen Detektor 50 für elektrische Energie zur Erfassung von Änderungen im elektromagnetischen Feld oder Wirbelstromfeld, das durch das erzeugte Signal um den Sensor 22 herum induziert wird, und einen Datenprozessor 52 zur Korrelierung der Änderungen im Wirbelstromfeld mit einer Änderung der axialen Position der Kolbenstange 28. Der Oszillator 53 kann ein oder mehrere Signale innerhalb eines Frequenzbereichs (z. B. 10 Hz bis 10 kHz) erzeugen, um den Sensor 22 zu beaufschlagen und die Abstrahlung eines Wirbelstromfelds oder elektromagnetischer Strahlung zu bedingen.

[0016] Bei einer Ausführungsform umfasst der Detektor 50 für elektrische Energie ein parallel mit einem Induktor oder einer Spule des Sensors 22 geschaltetes Spannungsmessgerät. Bei einer anderen Ausführungsform umfasst der Detektor 50 für elektrische Energie ein Strommessgerät, das mit dem Sensor 22 in Serie geschaltet ist. Der Detektor 50 für elektrische Energie kann mit einem Analog/Digital-Wandler verbunden sein, oder der Sensor 22 stellt ein analoges Ausgabesignal an den Datenprozessor 52 bereit.

[0017] Der Datenprozessor 52 bestimmt die axiale oder Längsposition der Kolbenstange 28 gegenüber dem Zylinder 12 zum jeweiligen Zeitpunkt basierend auf dem erfassten Wirbelstrom oder dem erfassten elektromagnetischen Feld, das durch den Detektor 50 für elektrische Energie nachgewiesen wird. Vorteilhafterweise ist der Sensor 22 nicht innerhalb der unter Druck stehenden Kammer 24 des Zylinders 12 angeordnet und muss daher keiner thermischen Beanspruchung oder einem in der Kammer 24 vorhandenen Druck widerstehen.

[0018] Die Dicke und Form der definierten gehärteten Region der Kolbenstange 28 kann entsprechend unterschiedlicher Ausführungsformen entlang der Länge der Kolbenstange 28 variieren. Beispielsweise kann ein Induktionshärtungsverfahren oder Einsatzhärtungsverfahren verwendet werden, um die Tiefe der definierten, gehärteten Region der Kolbenstange zu variieren. Als Härtung wird jeglicher Prozess angesehen, der die Härte eines Metalls oder einer Legierung vergrößert. Beispielsweise kann ein Metall oder eine Legierung auf eine Zieltemperatur oder in einen Zieltemperaturbereich erhitzt und mit einer bestimmten Rate oder über eine bestimmte Abkühlzeit abgekühlt werden. Das Einsatzhärten bezieht sich auf die Hinzufügung von Kohlenstoff in einen Oberflächenbereich einer Eisenlegierung, um eine mit Kohlenstoff angereicherte Eisenlegierung herzustellen, und eine Hitzebehandlung (z. B. durch Induktionserhitzung) der gesamten Oberfläche der mit Kohlenstoff angereicherten Eisenlegierung oder eines Teils davon. Der Härtungsprozess kann verwendet werden, um die magnetische Permeabilität des Metalls oder der Legierung oder der mit Kohlenstoff angereicherten Eisenlegierung zu ändern, während die elektrische Leitfähigkeit im Wesentlichen ungeändert bleibt.

[0019] Eine Induktionshärtung kann verwendet werden, um die definierte, gehärtete Region zu definieren, indem durch eine Änderung des Induktionsstroms eine Härtungstiefe gesteuert wird. Beispielsweise kann die Induktionsfrequenz linear variiert werden, während die Induktionsspule sich axial entlang der Länge der Kolbenstange 28 bewegt, um eine nichtlineare Tiefe der Einsatzhärtung entlang der Länge der Kolbenstange 28 zu erzielen. Bei einem anderen Beispiel kann die Induktionsfrequenz variiert werden, um eine lineare Variation der gehärteten Einsatztiefe entlang der Kolbenstange 28 zu erzielen. Folgende Variablen können die Induktionshärtung der Kolbenstange 28 beeinflussen: (1) die in einer Oberflächenschicht der Kolbenstange 28 induzierte Leistungsdichte, (2) der Abstand zwischen der Induktionsspule und der Kolbenstange 28, (3) Konzentrität oder koaxiale Ausrichtung zwischen der Induktionsspule und der Kolbenstange 28, (4) Spulenspannung, (5) Spulendesign, (6) Geschwindigkeit der Bewegung der Spule gegenüber der Oberfläche der Kolbenstange 28, und (7) Umgebungsbedingungen einschließlich der Raumtemperatur, Feuchtigkeit und Luftturbulenzen.

[0020] Die Dicke (d. h. Tiefe) und Form der definierten gehärteten Region kann Variationen der Permeabilität (von einer Oberfläche bis in eine davon beabstandete radiale Tiefe) oder andere Materialvariationen bedingen, die das Fortschreiten von Wirbelströmen entlang der Länge der Kolbenstange beeinflussen, welche durch den Analysator 55 erfasst werden können. Bei einer Ausführungsform der Erfindung, wie sie in der Figur 1 in Verbindung mit den Figuren 2 und 8 dargestellt ist, hat die Kolbenstange 28 an einer ersten Position 40 in Längsrichtung eine erste, gehärtete metallische Region 36, die sich von einer Oberfläche der Kolbenstange 28 bis in

eine erste radiale Tiefe 80 unterhalb der Oberfläche erstreckt. Die Kolbenstange 28 hat an einer zweiten Position 39 in Längsrichtung und einer dritten Position 38 eine zweite, gehärtete metallische Region 34, die sich von einer Oberfläche der Kolbenstange 28 bis in eine zweite radiale Tiefe 80 unterhalb der Oberfläche erstreckt. Die zweite radiale Tiefe 82 unterscheidet sich von der ersten radialen Tiefe 80. Die Tiefe einer metallischen Zwischenregion 51 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten gehärteten metallischen Region 34 variiert in einer im Wesentlichen linearen Weise, wie beispielsweise im Querschnitt der Figur 2 dargestellt. Obwohl die metallische Zwischenregion 51 ausgehend von einer Längsposition 40 der Kolbenstange 28 nach außen hin immer dicker wird, könnte sie in anderen Ausführungsformen nach innen dicker werden.

[0021] Der Sensor 22 erfasst einen Wirbelstrom oder ein elektromagnetisches Feld, um eine Ausrichtung eines Abschnitts der definierten metallischen Region mit einer festen Erfassungsregion zum jeweiligen Zeitpunkt zu erfassen. Zum Beispiel erfasst der Sensor 22 einen ersten Wirbelstrom oder ein erstes elektromagnetisches Feld, wenn die Kolbenstange 28 eine erste Längsposition 40 hat, in der der Sensor 22 mit der ersten gehärteten metallischen Region 36 ausgerichtet ist. Der Sensor 22 erfasst einen zweiten Wirbelstrom oder ein zweites elektromagnetisches Feld, wenn die Kolbenstange 28 eine erste Längsposition 39 hat, in der der Sensor 22 mit der zweiten gehärteten metallischen Region 34 ausgerichtet ist. Die Änderung im Wirbelstrom oder elektromagnetischen Feld zwischen dem ersten Wirbelstrom und dem zweiten Wirbelstrom weist auf die Bewegung oder Positionsänderung der Kolbenstange 28 hin. Der Detektor 50 für elektrische Energie misst die mit der axialen Verrückung der Kolbenstange 28 verbundene Änderung des Wirbelstroms oder des elektromagnetischen Felds, indem er den Strom oder die Spannung überwacht, die im Sensor 22 induziert wird. Der Datenprozessor 52 kann eine Referenztablette oder Datenbank abspeichern, in der axiale Positionen der Kolbenstange 28 im Verhältnis zu gemessenen Stromwerten abgelegt sind. Der gemessene Stromwert wird mit dem Referenzstromwert verglichen, um die axiale Position der Kolbenstange 28 zu bestimmen.

[0022] Wenn die Tiefe der definierten, gehärteten Regionen symmetrisch um eine mittlere Region 40 der Kolbenstange 28 variiert, wie in der Figur 1 dargestellt, existiert eine potentielle Mehrdeutigkeit für jeweils gleiche Dicken der gehärteten Region entlang der Kolbenstange 28. Um die äquivalenten Regionen zu unterscheiden, können alternativ oder kumulativ unterschiedliche Techniken angewandt werden. Nach einer ersten Technik kann eine erste Neigung einer definierten gehärteten Region zwischen einer mittleren Region (z. B. der ersten Längsposition 40) der Kolbenstange 28 und einem Ende (z. B. der zweiten Längsposition 39) sich von einer zweiten Neigung der definierten gehärteten Region zwischen der mittleren Region der Kolbenstange 28 und dem ge-

genüber liegenden Ende (z. B. der dritten Längsposition 38) unterscheiden, z. B. steiler sein. Nach einer zweiten Technik kann ein zusätzlicher Sensor die Richtung der axialen Bewegung der Kolbenstange 28 erfassen, um die Mehrdeutigkeit zwischen den beiden äquivalenten Dicken der gehärteten Region entlang der Kolbenstange 28 aufzulösen. Nach einer dritten Technik kann ein zusätzlicher Sensor verwendet werden, wenn die Kolbenstange 28 die Grenze des Bewegungsbereichs in einer axialen Richtung oder in der dazu entgegen gesetzten Richtung erreicht. Beispielsweise kann ein Kontaktsensor mit dem Ende der Lagerung 18 verbunden sein, so dass er am Ende dessen Bewegungsbereichs durch das Element 10 (Kolben) berührt wird und ein elektrisches Signal bereitstellt, das auf einen derartigen Kontakt hinweist. Nach einer vierten Technik wird nur die halbe axiale Verrückung zwischen der ersten Längsposition 40 und der zweiten Längsposition 39 oder zwischen der ersten Längsposition 40 und der dritten Längsposition 38 erfasst.

[0023] Das Profil oder der Querschnitt der definierten gehärteten Region oder der metallischen Zwischenregion 51 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten gehärteten metallischen Region 34 kann bei unterschiedlichen Ausführungsformen der Kolbenstange 28 variieren. In einer ersten Ausführungsform der Kolbenstange 28 ist die Zwischenregion 51 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten gehärteten metallischen Region 34 in Übereinstimmung mit den Figuren 1, 2 und 8 linear geneigt. In einer zweiten Ausführungsform variiert eine metallische Zwischenregion 51 der Kolbenstange 28 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten metallischen Region 34 entsprechend $1/x^2$, wobei x eine Längsentfernung entlang der Kolbenstange 28 ist. Die zweite Ausführungsform entspricht dem Härtungstiefenprofil der Figur 10. Bei einer dritten Ausführungsform der Kolbenstange 28 variiert eine metallische Zwischenregion 51 der Kolbenstange 28 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten gehärteten metallischen Region 34 entsprechend $1/\sqrt{f}$, wobei f die Frequenz des Induktionsstroms ist, der zur Härtung der metallischen Zwischenregion 51 verwendet wird. Die dritte Ausführungsform entspricht dem Härtungsprofil der Figur 11. Bei einer vierten Ausführungsform kann die Kolbenstange 28 mechanisch an einer Drehbewegung gehindert sein, um eine Drehung gegenüber dem Zylinder 12 zu unterbinden, falls die definierte gehärtete Region nicht im Wesentlichen innerhalb eines Querschnitts durch die Kolbenstange 28 symmetrisch ist. Bei einer fünften Ausführungsform einer Kolbenstange 28 sind die erste gehärtete metallische Region 36 und die zweite gehärtete metallische Region 34 nach folgender Gleichung geformt:

$$y = \sqrt{\rho} / \pi \mu_0 \mu f ,$$

wobei p der spezifische Widerstand der Kolbenstange 28, μ_0 die magnetische Permeabilität des Vakuums, μ die relative Permeabilität der Kolbenstange 28 und f die Frequenz des Induktionsstroms ist. Bei einer sechsten Ausführungsform der Kolbenstange 28 sind die erste gehärtete metallische Region 36 und die zweite gehärtete metallische Region 34 nach folgender Gleichung geformt:

$$y = k\sqrt{f} ,$$

wobei k eine Konstante ist, die auf einem metallischen Material bei einem gegebenen Temperaturbereich basiert und f die Frequenz des Induktionsstroms ist. Jede der zuvor beschriebenen alternativen Ausführungsformen der Kolbenstange 28 kann beispielsweise in Verbindung mit der Konfiguration aus den Figuren 1 und 2 angewandt werden. Außerdem werden einige der zuvor erwähnten alternativen Ausführungsformen detaillierter in Bezug auf die Figuren 10 und 11 beschrieben.

[0024] Obwohl die Kolbenstange 28 aus unterschiedlichen Metallen oder Legierungen aufgebaut sein kann, die in den Schutzbereich der Erfindung fallen, ist die Kolbenstange 28 in einer Ausführungsform aus Stahl oder einer eisenbasierten Legierung, die mit einem schützenden metallischen Plattierungsmaterial (z. B. Nickel und Chrom) plattiert sein kann. Das metallische Plattierungsmaterial ist in den Figuren 1 und 2 nicht gezeigt. Wenn das metallische Plattierungsmaterial an einer äußeren Oberfläche der Kolbenstange 28 angebracht ist, sollte die Dicke der Plattierung im Wesentlichen gleichförmig sein, um Störungen in den Wirbelströmen oder dem elektromagnetischen Feld zu vermeiden, die oder das im Sensor 22 induziert werden.

[0025] Die Figur 2 zeigt eine mittlere axiale Position 32 oder Verrückung der Kolbenstange 28 zwischen zwei entgegen gesetzten Bewegungsgrenzen. In der Figur 2 ist die erste gehärtete metallische Region 36 im Nachweisbereich des Sensors 22 angeordnet. Die erste gehärtete metallische Region 36 ist einer ersten Längsposition 40 der Kolbenstange 28 zugeordnet. Die zweiten gehärteten metallischen Regionen 34 liegen auf beiden Seiten der ersten gehärteten metallischen Region 36.

[0026] Die Figur 3 zeigt einen Querschnitt der Kolbenstange 28 entlang der Linie 3-3 an der zweiten Längsposition 39 der Kolbenstange 28. Die zweite Längsposition 39 liegt innerhalb der zweiten gehärteten Region 34 der Kolbenstange 28. Die zweite gehärtete metallische Region 34 überdeckt den Kolbenstangenkern 30.

[0027] Die Figur 4 zeigt einen Querschnitt der Kolbenstange 28 entlang der Linie 4-4 an der ersten Längsposition 40 der Kolbenstange 28. Die erste Längsposition 40 liegt innerhalb der ersten gehärteten Region 36 der Kolbenstange 28. Die erste gehärtete metallische Region 36 überdeckt den Kolbenstangenkern 30.

[0028] Die Figur 5 zeigt einen Querschnitt der Kolben-

stange 28 entlang der Linie 5-5 an der dritten Längsposition 38 der Kolbenstange 28. Die dritte Längsposition 38 liegt innerhalb der zweiten gehärteten Region 34 der Kolbenstange 28. Die dritte gehärtete metallische Region 34 überdeckt den Kolbenstangenkern 30 und liegt bezüglich der zweiten Längsposition 39 am entgegen gesetzten Ende der Kolbenstange 28.

[0029] Die Figur 6 zeigt die Kolbenstange 28 in einer minimalen axialen Position 62 oder Verrückung an einer entsprechenden Grenze des Bewegungsbereichs. In der Figur 6 ist die dritte Längsposition 38 der Kolbenstange, die innerhalb der zweiten gehärteten metallischen Region 34 liegt, im Nachweisbereich des Sensors 22 angeordnet.

[0030] Die Figur 7 zeigt die Kolbenstange 28 in einer maximalen axialen Position 64 oder Verrückung an einer entsprechenden Grenze des Bewegungsbereichs. In der Figur 7 ist die zweite Längsposition 39 der Kolbenstange 28, die innerhalb der zweiten gehärteten metallischen Region 34 liegt, im Nachweisbereich des Sensors 22 angeordnet.

[0031] Die Figur 8 zeigt eine erste radiale Tiefe 80, die sich von einer zweiten radialen Tiefe 82 unterscheidet. Die erste radiale Tiefe 80 ist der ersten gehärteten metallischen Region 36 zugeordnet. Die zweite radiale Tiefe 82 ist der zweiten gehärteten metallischen Region 34 zugeordnet. Obwohl eine Zwischenregion 51 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten gehärteten metallischen Region 34 in einer im Wesentlichen linearen Weise variiert, wie in der Figur 8 dargestellt, könnte sie auch entsprechend anderer Profile variieren (z. B. bedingt durch die Induktionsfrequenz der Induktionshärtung), von denen einige in Verbindung mit der Figur 1 diskutiert wurden. In der Praxis kann die tatsächliche Einsattiefe oder die definierte gehärtete metallische Region sich etwas von einer theoretischen, linearen Variation über die Länge der Kolbenstange 28 unterscheiden.

[0032] Die Figur 9 zeigt ein Verfahren zur Erfassung der Position des Elements 10, das im Schritt S100 beginnt, in dem eine Kolbenstange 28 mit einer ersten gehärteten metallischen Region 36 zwischen der Oberfläche der Kolbenstange 28 bis in eine erste radiale Tiefe 80 unterhalb der Oberfläche an einer ersten Längsposition 40 und mit einer zweiten gehärteten metallischen Region 34 zwischen der Oberfläche der Kolbenstange 28 bis in eine zweite radiale Tiefe 82 unterhalb der Oberfläche an einer zweiten Längsposition 39 bereitgestellt wird. Die zweite radiale Tiefe 82 unterscheidet sich von der ersten radialen Tiefe 80. Die erste radiale Tiefe 80 ist in diesem Beispiel, wie in der Figur 8 gezeigt, in einem beträchtlichen Maße größer als die zweite radiale Tiefe 82, was zu einer signifikanten Variation in der Permeabilität zwischen der ersten radialen Tiefe 80 und der zweiten radialen Tiefe 82 führt, die durch den Sensor 22 nachweisbar ist.

[0033] Im Schritt 102 erfasst ein Sensor 22 einen Wirbelstrom, um eine Ausrichtung einer definierten, gehär-

teten metallischen Region 26 mit einem festen Nachweisbereich zu einem jeweiligen Zeitpunkt nachzuweisen. Der Sensor 22 erfasst beispielsweise einen Wirbelstrom oder ein elektromagnetisches Feld, was auf eine Ausrichtung zumindest der ersten gehärteten metallischen Region 36, der zweiten gehärteten metallischen Region 34 und der metallischen Zwischenregion 51 mit dem festen Nachweisbereich zum jeweiligen Zeitpunkt hinweist.

[0034] Im Schritt 104 stellt der Datenprozessor 52 eine axiale Position oder Längsposition der Kolbenstange 28 gegenüber dem Zylinder 12 zum jeweiligen Zeitpunkt fest, basierend auf dem erfassten Wirbelstrom oder elektromagnetischem Feld. Der Datenprozessor 52 erfasst beispielsweise den erfassten Wirbelstrom, setzt den erfassten Wirbelstrom in ein digitales Signal oder einen digitalen Wert um, und das digitale Signal wird mit Referenzstromwerten in einer Tabelle oder Datenbank verglichen. Die entsprechende axiale Position der Kolbenstange 28 entspricht dem ermittelten Referenzstromwert, der dem erfassten Stromwert am Nächsten kommt.

[0035] Die Figur 10 stellt ein mögliches Tiefenprofil der definierten gehärteten metallischen Region 26 entlang der Kolbenstange 28 dar. Die relative Verrückung in Längsrichtung oder axiale Verrückung entlang der Kolbenstange 28 ist auf der x-Achse dargestellt. Die gehärtete Tiefe ist auf der y-Achse gezeigt. Eine mittlere Region der Kolbenstange 28 hat eine maximale Härtungstiefe, die als y_m gezeigt wird. Das Tiefenprofil aus Figur 10 wird als $1/x^2$ -Profil bezeichnet und wird durch die Anbringung einer metallischen Zwischenregion 51 zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 36 und der zweiten gehärteten metallischen Region 36 gebildet, die entsprechend $1/\sqrt{f}$ variiert, wobei f die Frequenz des Induktionsstroms ist, der zur Härtung der metallischen Zwischenregion 51 verwendet wird. Die definierte gehärtete metallische Region der Figur 10 (z. B. die erste gehärtete metallische Region 36, die metallische Zwischenregion 51 und die zweite gehärtete metallische Region 34) werden nach folgender Gleichung gebildet:

$$y = \sqrt{\rho / \pi \mu_0 \mu f} ,$$

wobei ρ der spezifische Widerstand der Kolbenstange 28, μ_0 die magnetische Permeabilität des Vakuums, μ die relative Permeabilität der Kolbenstange 28 und f die Frequenz des Induktionsstroms ist.

[0036] Die Figur 11 stellt ein mögliches Tiefenprofil der definierten gehärteten metallischen Region 26 entlang der Kolbenstange 28 dar. Die relative Verrückung in Längsrichtung oder axiale Verrückung entlang der Kolbenstange 28 ist auf der x-Achse dargestellt. Die gehärtete Tiefe ist auf der y-Achse gezeigt. Ein Ende der Kolbenstange 28 hat eine maximale Härtungstiefe, die als y_m gezeigt wird. Das Tiefenprofil aus Figur 11 wird als $1/\sqrt{x}$ -Profil bezeichnet. In der Figur 11 variiert eine me-

tallische Zwischenregion 51 entsprechend $1/\sqrt{f}$, wobei f die Frequenz des Induktionsstroms ist, der zur Härtung der metallischen Zwischenregion 51 verwendet wird. Die definierte gehärtete metallische Region der Figur 11 (z. B. die erste gehärtete metallische Region 36, die metallische Zwischenregion 51 und die zweite gehärtete metallische Region 34) werden nach folgender Gleichung gebildet:

$$y = \sqrt{\rho} / \pi \mu_o \mu f ,$$

wobei ρ der spezifische Widerstand der Kolbenstange 28, μ_o die magnetische Permeabilität des Vakuums, μ die relative Permeabilität der Kolbenstange 28 und f die Frequenz des Induktionsstroms ist.

[0037] Die Kolbenstange 128 der Figur 12 ähnelt der Kolbenstange 28 aus Figur 2, mit dem Unterschied, dass die definierte gehärtete metallische Region der Figur 12 eine erste gehärtete metallische Region 134, eine zweite gehärtete metallische Region 136 und eine gehärtete metallische Zwischenregion 135 umfasst.

[0038] Die Figur 12 ermöglicht zwei alternative Ausführungsformen. Bei einer ersten Ausführungsform umfasst die erste gehärtete metallische Region 134 einen im Wesentlichen rechteckigen Streifen mit einer ersten radialen Tiefe, während die zweite gehärtete metallische Region 136 von der ersten gehärteten metallischen Region 134 beabstandet ist und eine zweite radiale Tiefe hat, die sich von der ersten radialen Tiefe unterscheidet. Die zweite radiale Tiefe kann größer oder kleiner als die erste radiale Tiefe sein. Unabhängig von den radialen Tiefen der rechteckigen Streifen kann jeder rechteckige Streifen auf der Kolbenstange 128 axial länger oder kürzer als der andere rechteckige Streifen sein. Die gehärtete metallische Zwischenregion 135 liegt zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 134 und der zweiten gehärteten metallischen Region 136. Die gehärtete metallische Zwischenregion 135 ist dünner als die erste gehärtete metallische Region 134 und dünner als die zweite metallische Region 136.

[0039] Bei einer zweiten Ausführungsform einer Kolbenstange 128 aus Figur 12 ist die erste gehärtete metallische Region 134 im Wesentlichen ringförmig mit einer ersten radialen Tiefe und die zweite gehärtete metallische Region 136 ebenfalls ringförmig und von der ersten metallischen Region 134 beabstandet. Die gehärtete metallische Zwischenregion 135 liegt zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 134 und der zweiten gehärteten metallischen Region 136. Die zweite radiale Tiefe unterscheidet sich von der ersten radialen Tiefe. Unabhängig von den radialen Tiefen der ringförmigen Regionen kann jede ringförmige Region auf der Kolbenstange 128 axial länger oder kürzer als die andere ringförmige Region sein.

[0040] Wenn die erste gehärtete metallische Region 134 an einer ersten Längsposition 138 mit dem Sensor

22 ausgerichtet ist, hat die Kolbenstange 128 eine bekannte axiale Verrückung gegenüber dem Zylinder. Wenn die metallische gehärtete Zwischenregion 135 mit dem Sensor 22 ausgerichtet ist, hat die Kolbenstange 128 eine zweite, bekannte axiale Verrückung (z. B. einen axialen Verrückungsbereich) gegenüber dem Zylinder 12. Wenn die zweite gehärtete metallische Region 136 an einer zweiten Längsposition 139 mit dem Sensor 22 ausgerichtet ist, hat die Kolbenstange 128 eine dritte bekannte axiale Verrückung gegenüber dem Zylinder 12. Die Konfiguration der Figur 12 ist zum Beispiel nützlich zur Bereitstellung elektronischer Anschlüsse für das sich im Zylinder 12 bewegend Element 10.

[0041] Die Kolbenstange 228 der Figur 13 ist ähnlich der Kolbenstange 28 aus der Figur 2, mit dem Unterschied, dass die definierte gehärtete metallische Region der Figur 13 eine erste gehärtete metallische Region 234, eine zweite gehärtete metallische Region 236 und eine gehärtete metallische Zwischenregion 235 aufweist.

[0042] Die Figur 13 ermöglicht zwei alternative Ausführungsformen. Bei einer ersten Ausführungsform umfasst die erste gehärtete metallische Region 234 einen im Wesentlichen rechteckigen Streifen mit einer ersten radialen Tiefe, während die zweite gehärtete metallische Region 236 von der ersten gehärteten metallischen Region 234 beabstandet ist und eine zweite radiale Tiefe hat, die sich von der ersten radialen Tiefe unterscheidet. Die zweite radiale Tiefe kann größer oder kleiner als die erste radiale Tiefe sein. Unabhängig von den radialen Tiefen der rechteckigen Streifen kann jeder rechteckige Streifen auf der Kolbenstange 228 axial länger oder kürzer als der andere rechteckige Streifen sein. Die gehärtete metallische Zwischenregion 235 liegt zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 234 und der zweiten gehärteten metallischen Region 236. Die gehärtete metallische Zwischenregion 235 ist dicker als die erste gehärtete metallische Region 134 und dicker als die zweite metallische Region 136.

[0043] Bei einer zweiten Ausführungsform einer Kolbenstange 228 aus Figur 13 ist die erste gehärtete metallische Region 234 im Wesentlichen ringförmig mit einer ersten radialen Tiefe und die zweite gehärtete metallische Region 236 ist im Wesentlichen ringförmig und von der ersten metallischen Region 234 beabstandet. Die gehärtete metallische Zwischenregion 235 liegt zwischen der ersten gehärteten metallischen Region 234 und der zweiten gehärteten metallischen Region 236. Die zweite radiale Tiefe unterscheidet sich von der ersten radialen Tiefe. Unabhängig von den radialen Tiefen der ringförmigen Regionen kann jede ringförmige Region auf der Kolbenstange 228 axial länger oder kürzer als die andere ringförmige Region sein.

[0044] Wenn die erste gehärtete metallische Region 234 an einer ersten Längsposition 238 mit dem Sensor 22 ausgerichtet ist, hat die Kolbenstange 228 eine bekannte axiale Verrückung gegenüber dem Zylinder. Wenn die metallische gehärtete Zwischenregion 235 mit dem Sensor 22 ausgerichtet ist, hat die Kolbenstange

228 eine zweite, bekannte axiale Verrückung (z. B. einen axialen Verrückungsbereich) gegenüber dem Zylinder 12. Wenn die zweite gehärtete metallische Region 236 an einer zweiten Längsposition 239 mit dem Sensor 22 ausgerichtet ist, hat die Kolbenstange 228 eine dritte bekannte axiale Verrückung gegenüber dem Zylinder 12. Die Konfiguration der Figur 13 ist zum Beispiel nützlich zur Bereitstellung elektronischer Anschläge für das sich im Zylinder 12 bewegendes Element 10.

[0045] Alle vorhergehenden Ausführungsformen der Einrichtung und des Verfahrens zur Erfassung der Position einer Kolbenstange 28, 128, 228 (oder eines daran angebrachten Elements 10) verwenden Sensoren, die außerhalb der Zylinderkammer 24 angebracht sind. Es ist daher keine besondere Abdichtung der Zylinderkammer 24 erforderlich. Es werden elektromagnetische Felder erfasst, die auf der Oberfläche der Kolbenstange 28, 128, 228 innerhalb einer Eindringtiefe induziert werden, so dass kein Kontakt zur Kolbenstange nötig ist und keine beweglichen Teile erforderlich wären, die sich nachteilig auf die Zuverlässigkeit auswirken. Die Einrichtung kann auch an bereits vorhandenen Zylindern nachgerüstet werden.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erfassung der Position einer beweglichen Kolbenstange (28, 128, 228) gegenüber einem Zylinder (12), wobei:

die Kolbenstange (28, 128, 228) eine erste gehärtete metallische Region (36, 136, 236) aufweist, die sich von der Oberfläche der Kolbenstange (28, 128, 228) durchgehend bis in eine erste radiale Tiefe (80) unterhalb der Oberfläche der Kolbenstange (28, 128, 228) erstreckt, ein zur Erfassung eines Wirbelstroms oder induzierten elektromagnetischen Felds eingerichteter Sensor (22) vorhanden ist, der nachweist, wenn mindestens eine der gehärteten metallischen Regionen (34, 36, 134, 136, 234, 236) im Nachweisbereich des Sensors (22) liegt, und ein Datenprozessor (52) vorhanden ist, der betreibbar ist, die Längsposition der Kolbenstange (28, 128, 228) gegenüber dem Zylinder (12) basierend auf dem Signal des Sensors (22) zu bestimmen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstange (28, 128, 228) eine zweite gehärtete metallische Region (34, 134, 234) aufweist, die sich von der Oberfläche der Kolbenstange (28, 128, 228) durchgehend bis in eine zweite radiale Tiefe (82) unterhalb der Oberfläche der Kolbenstange (28, 128, 228) erstreckt, und dass sich die erste Tiefe (80) von der zweiten Tiefe (82) unterscheidet.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gehärtete metallische Zwischenregion (51) zwischen der ersten Region (36) und der zweiten Region (34) vorhanden ist, deren Härtungstiefe in einer im Wesentlichen linearen Weise variiert.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gehärtete metallische Zwischenregion (51) zwischen der ersten Region (36) und der zweiten Region (34) vorhanden ist, deren Härtungstiefe im Wesentlichen nach $1/x^2$ oder $1/\sqrt{x}$ variiert, wobei x eine in Längsrichtung der Kolbenstange (28) gemessene Entfernung ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite metallische gehärtete Region (134, 136) rechteckförmig sind.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste metallische gehärtete Region (136) eine erste axiale Länge hat, die sich von der zweiten axialen Länge der zweiten metallischen gehärteten Region (134) unterscheidet.
6. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite metallische gehärtete Region (234, 236) ringförmig sind.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste metallische gehärtete Region (236) eine erste axiale Länge hat, die sich von der zweiten axialen Länge der zweiten metallischen gehärteten Region (234) unterscheidet.
8. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die metallischen, gehärteten Regionen (34, 36, 134, 136, 234, 236) durch Induktionshärten erzeugt werden.

Claims

1. Device for determining the position of a moving piston rod (28, 128, 228) with respect to a cylinder (12), wherein:

the piston rod (28, 128, 228) has a first hardened metallic region (36, 136, 236), which extends from the surface of the piston rod (28, 128, 228) continuously to a first radial depth (80) beneath the surface of the piston rod (28, 128, 228), there is a sensor (22), which is set up for determining an eddy current or induced electromagnetic field and detects when at least one of the hardened metallic regions (34, 36, 134, 136, 234, 236) lies in the detection range of the sensor (22),

and there is a data processor (52), which can be operated for determining the longitudinal position of the piston rod (28, 128, 228) with respect to the cylinder (12) on the basis of the signal of the sensor (22),

characterized in that the piston rod (28, 128, 228) has a second hardened metallic region (34, 134, 234), which extends from the surface of the piston rod (28, 128, 228) continuously to a second radial depth (82) beneath the surface of the piston rod (28, 128, 228),
and **in that** the first depth (80) differs from the second depth (82).

2. Device according to Claim 1, **characterized in that** between the first region (36) and the second region (34) there is a hardened metallic intermediate region (51), the hardening depth of which varies in a substantially linear way.
3. Device according to Claim 1, **characterized in that** between the first region (36) and the second region (34) there is a hardened metallic intermediate region (51), the hardening depth of which varies substantially by $1/x^2$ or $1/\sqrt{x}$, where x is a distance measured in the longitudinal direction of the piston rod (28).
4. Device according to Claim 1, **characterized in that** the first and second metallic regions (134, 136) are rectangular.
5. Device according to Claim 4, **characterized in that** the first metallic hardened region (136) has a first axial length, which differs from the second axial length of the second metallic hardened region (134).
6. Device according to Claim 1, **characterized in that** the first and second metallic hardened regions (234, 236) are annular.
7. Device according to Claim 6, **characterized in that** the first metallic hardened region (236) has a first axial length, which differs from the second axial length of the second metallic hardened region (234).
8. Device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the metallic hardened regions (34, 36, 134, 136, 234, 236) are produced by induction hardening.

Revendications

1. Dispositif pour la détermination de la position d'une tige de piston mobile (28, 128, 228) par rapport à un cylindre (12), dans lequel
- la tige de piston (28, 128, 228) présente une

première région métallique trempée (36, 136, 236), qui s'étend de la surface de la tige de piston (28, 128, 228) sans interruption jusqu'à une première profondeur radiale (80) en dessous de la surface de la tige de piston (28, 128, 228),
- il est prévu un capteur (22) conçu pour déterminer un courant induit ou un champ électromagnétique induit, qui détecte quand au moins une des régions métalliques trempées (34, 36, 134, 136, 234, 236) se trouve dans la zone de détection du capteur (22),
- et il est prévu un processeur de données (52), qui peut être utilisé pour déterminer la position longitudinale de la tige de piston (28, 128, 228) par rapport au cylindre (12) en se basant sur le signal du capteur (22),
caractérisé en ce que la tige de piston (28, 128, 228) présente une deuxième région métallique trempée (34, 134, 234), qui s'étend de la surface de la tige de piston (28, 128, 228) sans interruption jusqu'à une deuxième profondeur radiale (82) en dessous de la surface de la tige de piston (28, 128, 228), et
- **en ce que** la première profondeur (80) est différente de la deuxième profondeur (82).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est prévu, entre la première région (36) et la deuxième région (34), une région métallique trempée intermédiaire (51) dont la profondeur de trempe varie d'une manière essentiellement linéaire.
3. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est prévu, entre la première région (36) et la deuxième région (34), une région métallique trempée intermédiaire (51) dont la profondeur de trempe varie essentiellement suivant $1/x^2$ ou $1/\sqrt{x}$, où x est une distance mesurée dans la direction longitudinale de la tige de piston (28).
4. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première et la deuxième régions métalliques trempées (134, 136) sont rectangulaires.
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la première région métallique trempée (136) présente une première longueur axiale, qui est différente de la deuxième longueur axiale de la deuxième région métallique trempée (134).
6. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première et la deuxième régions métalliques trempées (234, 236) sont annulaires.
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la première région métallique trempée (236) présente une première longueur axiale, qui est différente de la deuxième longueur axiale de la deuxième

me région métallique trempée (234).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les régions métalliques trempées (34, 36, 134, 136, 234, 236) sont produites par trempe par induction.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

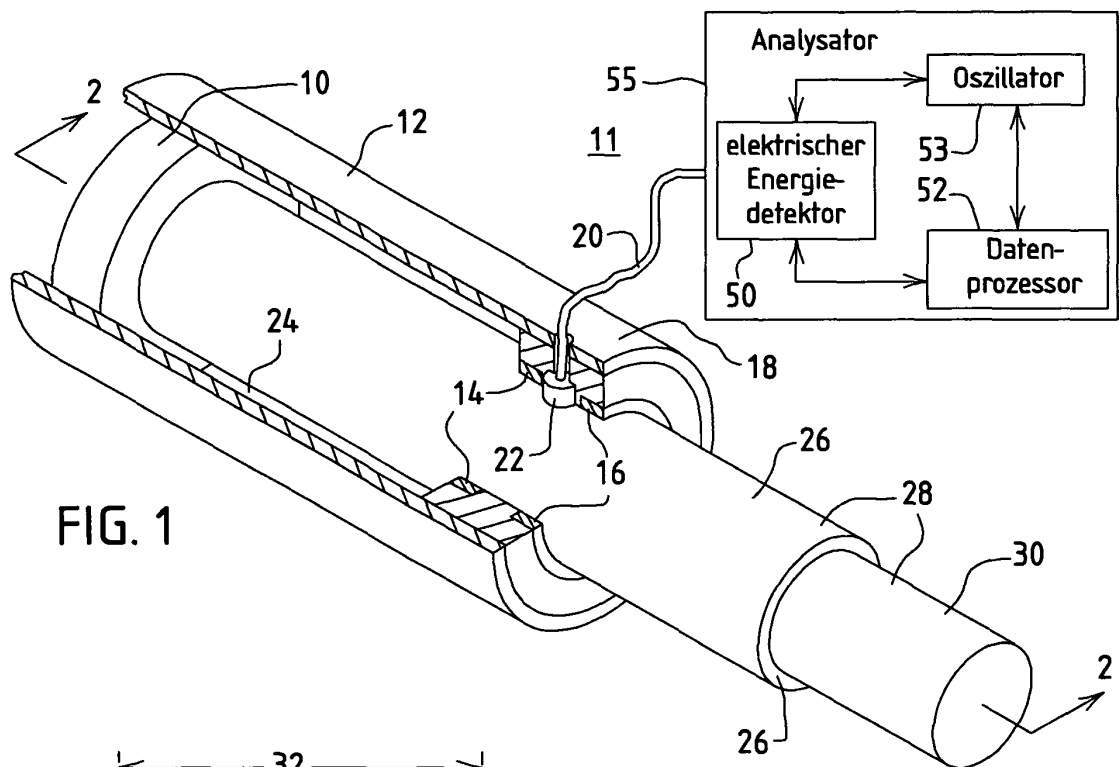


FIG. 1

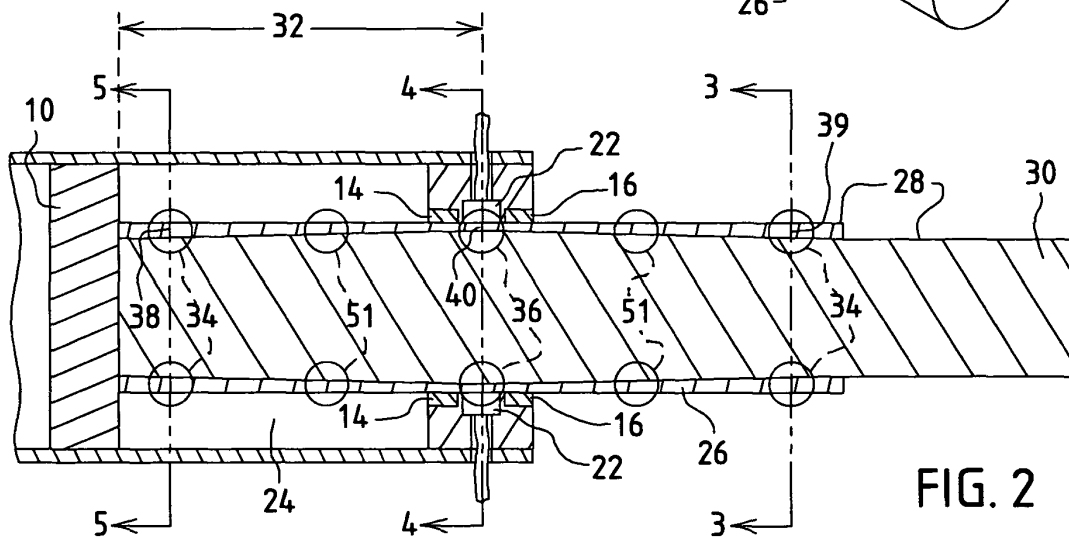


FIG. 2

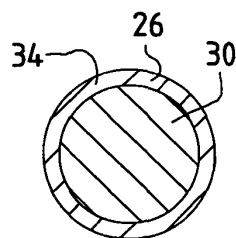


FIG. 3

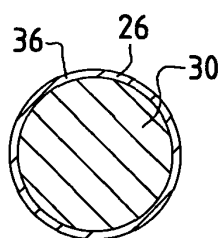


FIG. 4

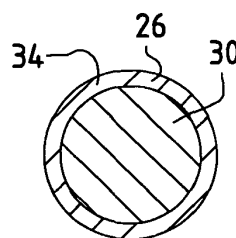


FIG. 5

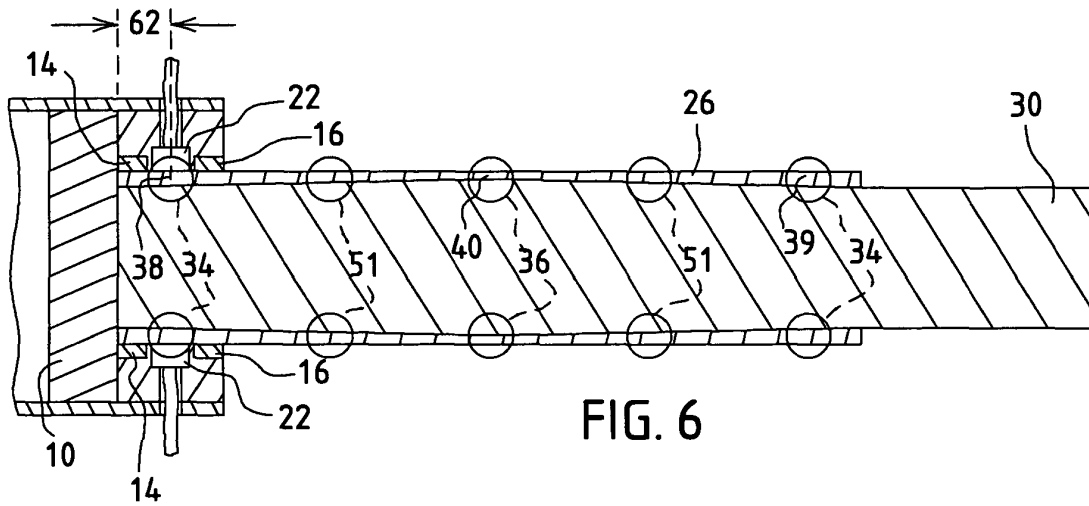


FIG. 6

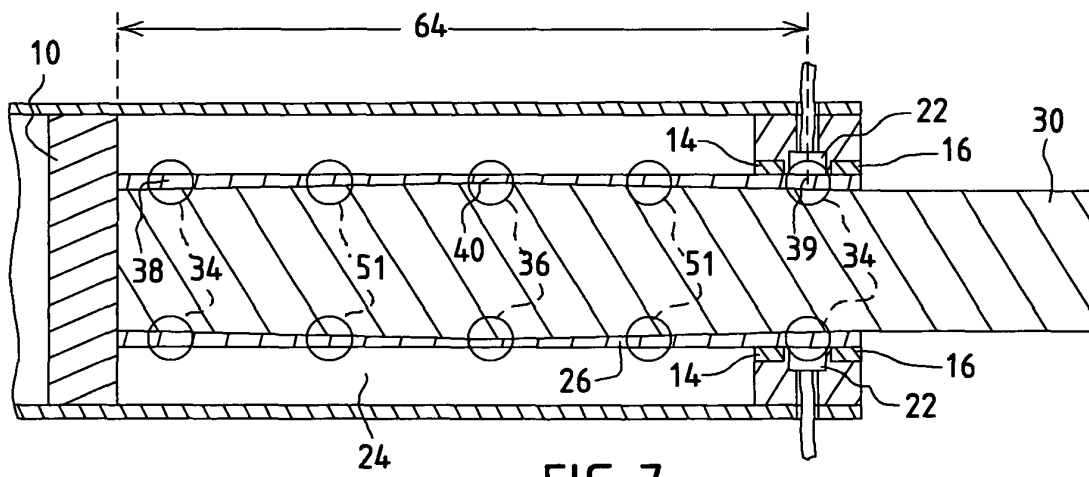


FIG. 7

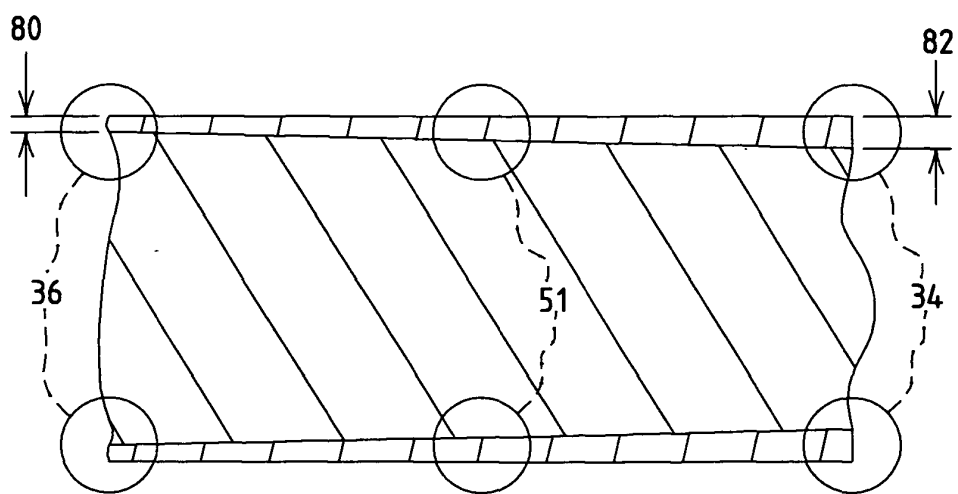


FIG. 8

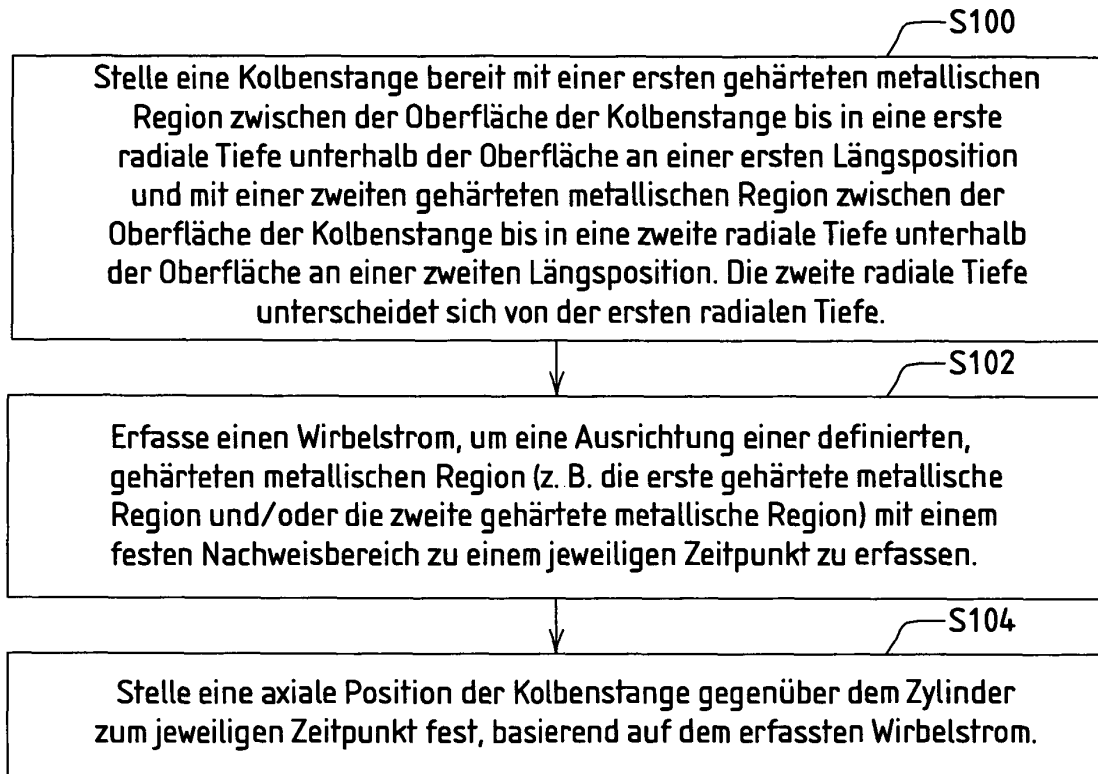


FIG. 9

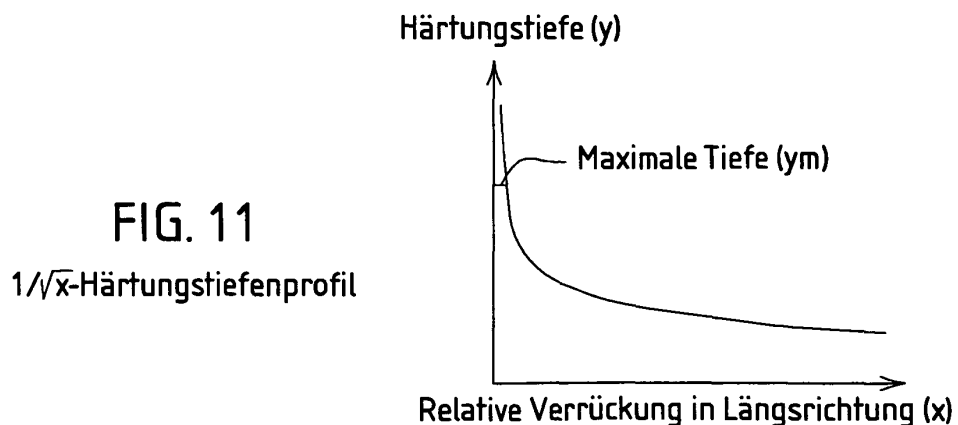
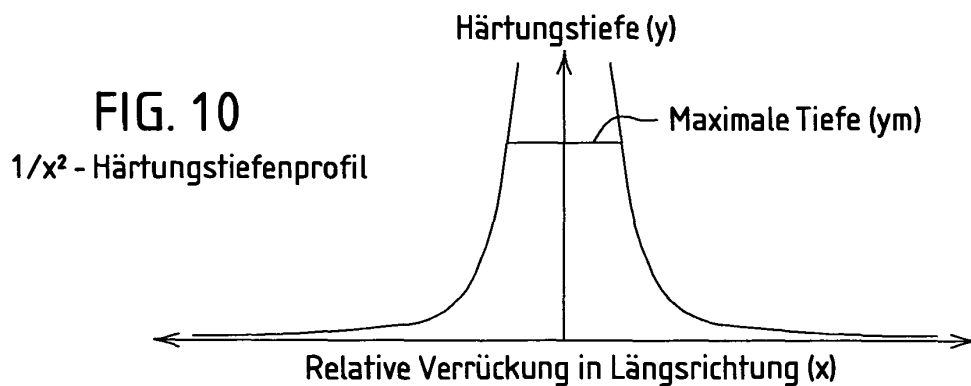


FIG. 12

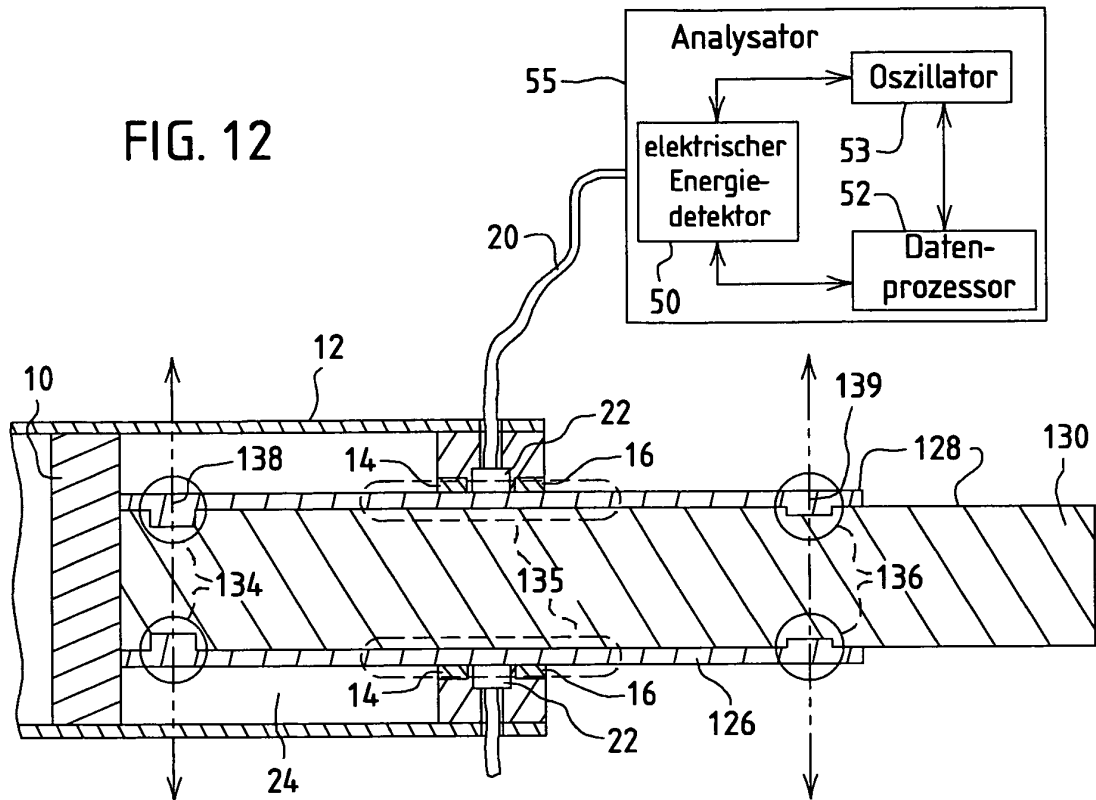
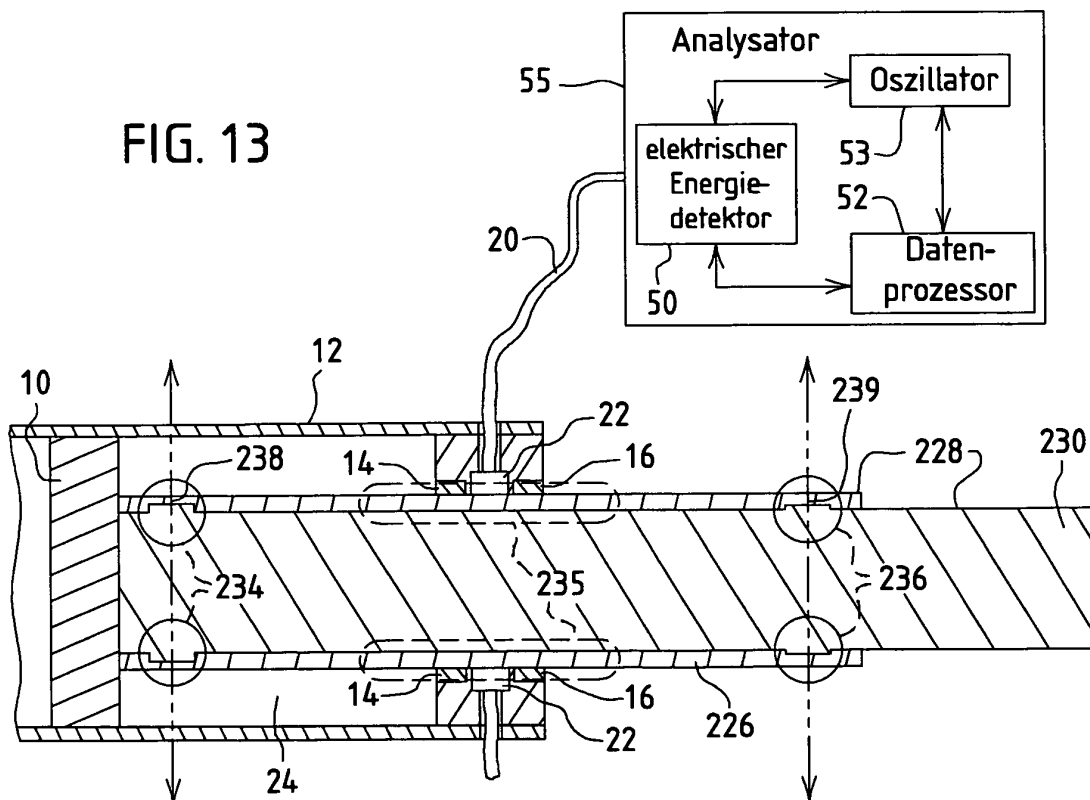


FIG. 13



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 03152403 A [0003]
- JP 03265704 A [0005]